温度和食料对白眉野草螟幼虫生长发育的影响

张云慧[1]，彭 赫[1]，张 智[1,2]，李祥瑞[1]，刘 勇[3]，王海英[4]，原国辉[4]，程登发[1,*]

（1. 中国农业科学院植物保护研究所，植物病虫害生物学国家重点实验室，北京 100193；2. 北京市植物保护站，北京 100029；3. 山东农业大学植物保护学院，山东泰安 271018；4. 山东省莱州市植物保护站，山东莱州 261400）

摘要：【目的】白眉野草螟 *Agriphila aeneociliella* (Eversmann)是近年在我国小麦上新发现的一种害虫，以幼虫在小麦茎基部取食危害，造成缺苗断垄，对我国小麦的安全生产构成潜在的威胁。本研究旨在明确温度和食料对其生长发育的影响，对该害虫的预测预报和有效防控具有重要的指导意义。【方法】在光周期 14L∶10D，RH 70% ±5% 的条件下，设置系列恒定温度，用小麦作饲料，记录和分析不同温度下幼虫各龄的发育历期、存活率，明确其发育起点温度、有效积温；设置温度 25℃，光周期 14L∶10D，RH 70% ±5% 的条件，分别用小麦、玉米和人工饲料饲养，分析不同食料对其生长发育和成活率的影响。【结果】在恒温（13～29℃）范围内，白眉野草螟幼虫发育历期随温度升高而逐渐缩短，存活率没有明显差异；在恒温 33℃，该虫不能完成幼虫期生长发育而死亡。不同食料饲养后，幼虫各龄发育历期存在显著差异，顺序为取食小麦 < 取食玉米 < 取食人工饲料，尤其是 1－3 龄幼虫差异最为明显，取食小麦、玉米的 4－6 龄幼虫发育历期差异未到达显著水平，但显著低于取食人工饲料的幼虫。【结论】白眉野草螟幼虫具有很强的温度适应能力，不同温度对其发育历期具有显著的影响；在目前白眉野草螟发生危害区的主要粮食作物中，小麦为其最适宜寄主，室内条件下取食玉米也能完成幼虫期的生长发育。本研究为制定白眉野草螟在我国的潜在发生危害区提供了理论数据，为田间种群动态变化的预测预报和综合治理提供了技术支撑。

关键词：白眉野草螟；温度；食料；生长发育；发育历期；发育起点温度；有效积温

中图分类号：Q968　　**文献标识码**：A　　**文章编号**：0454-6296(2015)02-0169-06

Effects of temperature and food on the growth and development of larvae of *Agriphila aeneociliella* (Lepidoptera: Pyralidae)

ZHANG Yun-Hui[1], PENG He[1], ZHANG Zhi[1,2], LI Xiang-Rui[1], LIU Yong[3], WANG Hai-Ying[4], YUAN Guo-Hui[4], CHENG Deng-Fa[1,*] (1. State Key Laboratory for Biology of Plant Disease and Insect Pests, Institute of Plant Protection, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Beijing 100193, China; 2. Beijing Plant Protection Station, Beijing 100029, China; 3. College of Plant Protection, Shandong Agricultural University, Tai'an, Shandong 271018, China; 4. Plant Protection Station of Laizhou, Laizhou, Shandong 261400, China)

Abstract: 【Aim】*Agriphila aeneociliella* (Eversmann) has become an important pest in China in recent years, causing sprout deficiency by the larval feeding on the wheat stem, and has a potential threat to wheat. This study seeks to determine the effect of temperature and foods on the growth and development of *A. aeneociliella* larvae so as to provide a basis for its population monitoring and management. 【Methods】Under laboratory conditions (photoperiod 14L∶10D, RH 70% ±15%), the developmental duration and survival rate of *A. aeneociliella* larvae reared on wheat at a series of temperatures were investigated, and the developmental threshold temperature and effective accumulated temperature were analyzed. The developmental duration and survival rate of *A. aeneociliella* larvae reared on wheat, maize and artificial diet were monitored at 25 ±1℃ with a 14L∶10D photoperiod in the laboratory. 【Results】The results showed that the temperature had significant effects on the development of *A. aeneociliella*. Within the constant temperature ranging from 13 to 29℃, the developmental duration of each stage of *A. aeneociliella* larvae shortened as the temperature rose gradually. There was no significant difference in the

基金项目：现代农业产业技术体系建设专项(CARS-3)；公益性行业(农业)科研专项(201003025)；“十二五”国家科技支撑计划项目(2012BAD19B04)

作者简介：张云慧，女，1980 年 12 月生，博士，副研究员，研究方向为昆虫生态学，E-mail：yhzhang@ippcaas.cn

* 通讯作者 Corresponding author, E-mail: dfcheng@ippcaas.cn

收稿日期 Received：2014-09-02；接受日期 Accepted：2014-11-25

survival rate of larvae at the constant temperatures ranging from 13 to 29℃. However, under the constant temperature of 33℃, the development was suppressed obviously and the larvae died before completing a whole life span. The developmental duration of each instar of larvae (especially 1st - 3rd instar larvae) feeding on different diets had significant difference, with the order of that feeding on wheat < that feeding on maize < that feeding on artificial feed. The developmental duration of the 4th - 6th instar larvae feeding on wheat and maize had no significant difference, but was significantly lower than that feeding on artificial feed.【Conclusion】*A. aeneociliella* has strong temperature adaptability and its developmental duration is significantly influenced by temperature changes. In the current occurrence area, wheat is the most suitable host and *A. aeneociliella* feeding on maize can also complete the larval growth and development in the laboratory. This study provides theoretical data for estimating the potential occurrence area in China and technical support for forecasting and comprehensively control the population dynamics of *A. aeneociliella* in the future.

Key words: *Agriphila aeneociliella*; temperature; food; growth and development; developmental duration; developmental threshold temperature; effective accumulated temperature

白眉野草螟 *Agriphila aeneociliella* (Eversmann) 属鳞翅目(Lepidoptera)螟蛾总科(Pyraloidea)草螟科(Crambidae)野草螟属 *Agriphila*,是近年来在我国山东莱州、山西晋城小麦田新发现的一种害虫(彭赫等, 2013),幼虫于 2 月底 3 月初开始为害,3 - 4 月份小麦返青拔节期为危害关键时期,主要取食小麦茎基部,受害严重的地块小麦被齐根咬断,造成大面积缺苗断垅(王海英等, 2013; 曾娟等, 2014)。季英超等(2014)利用 CLIMEX 模型预测结果显示,我国的小麦主产区均是该害虫最适宜生存地区,一旦大规模发生将对我国小麦安全生产带来严重的威胁。国内外对该害虫文献记载,目前只在昆虫分类相关的期刊对其分布范围、寄主和世代周期做了简单描述(Slamka, 2008; 陈付强等, 2014),对于其生物学习性、发生危害规律的研究(或记载)基本处于空白。研究的缺失为该害虫的监测预警和有效防控工作带来了很大的困难,一旦暴发,主要采取应急防控,耗费大量人力、物力并带来一系列的环境安全问题。

在自然条件下,温度和食料被认为是影响昆虫种群的关键因子。昆虫是变温动物,保持和调节体内温度的能力不强,体内的各种代谢过程随着环境温度的变化而改变,温度也成了影响其生长发育、存活、繁殖等生命活动最重要的因子(丁岩钦, 1994; 时培建等, 2011)。昆虫通过取食植物获得自身生长、发育所必需的营养物质,植物营养对昆虫的生长、发育及生殖力起着直接影响作用(阮永明和吴坤君, 2001)。分析温度和食料对白眉野草螟生长发育的影响,确立其发育起点温度、有效积温和适宜寄主,对于分析新发害虫的潜在发生危害区、指导预测预报和有效防控具有重要意义。为进一步明确其生物学习性、发生危害规律,指导农业生产,本实验通过设置不同恒温条件和采用白眉野草螟发生区主要农作物小麦、玉米与人工饲料为不同食料,研究其对白眉野草螟幼虫生长发育和存活率的影响,以期为其田间种群动态的预测预报和综合治理提供理论依据和技术支撑。

1 材料与方法

1.1 供试虫源

虫源于 2013 年 5 月中旬采自山东莱州市西由镇小麦田(37.23° ~ 37.43°N, 119.9° ~ 120.13°E)已经做土茧滞育的老熟幼虫,经室内低温处理打破滞育化蛹、羽化为成虫,在养虫笼内,以 5% 的蜂蜜水配对饲养。

1.2 不同温度处理

收集当日卵粒放入 6 cm 培养皿,培养皿底部垫有滤纸保湿,每日定时调查 1 次,记录不同处理卵的孵化率。每个处理 30 粒,重复 3 次。

挑选孵化整齐的 1 日龄幼虫放入直径 12 cm 培养皿中,用 3 叶期小麦苗作为饲养,每日定时检查幼虫蜕皮情况,记录不同处理的发育历期。每个处理 20 头,重复 3 次。由于该虫具有专性夏滞育的习性,遂以高龄幼虫吐丝结网成"C"字形蜷缩,并不再取食视为滞育状态。

人工气候箱,RXZ 智能型,宁波江南仪器厂生产,温差为 ±1℃。设置 13, 17, 21, 25, 29 和 33℃ 共 6 个温度梯度处理进行发育历期的试验研究,光照周期为 14L∶10D,光照强度 1 000 ± 50 lx, 相对湿度 70% ±5%。

1.3 不同食料处理

将 1 日龄幼虫接入直径 12 cm 培养皿内单头饲养,用 3 叶期小麦苗作为饲料,每日更换 1 次小麦

苗,1－3 龄每日 1 株,3 龄以后每日2～3 株;3 叶期玉米苗单头饲养,1－3 龄每日 1 片叶片,3 龄以后 2～3 片;人工饲料配方见张云慧等(2012)作为食料,每日定时检查幼虫蜕皮情况,记录不同处理的发育历期。每个处理 20 头,重复 3 次。

人工气候箱型号同上,温度 25℃,光照周期 14L: 10D,1 000 ±50 lx,相对湿度 70% ±5%。

1.4 有效积温和发育起点温度计算方法

根据有效积温法则:$K = (T - C)$,采用最小二乘法公式,计算白眉野草螟各虫态的发育起点温度(C)和有效积温(K)。

$$T = KV + C;\ V = \frac{1}{N};$$

$$C = \frac{\sum V^2 \sum T - \sum V \sum VT}{n \sum V^2 - (\sum V)^2};$$

$$K = \frac{n \sum VT - \sum V \sum T}{n \sum V^2 - (\sum V)^2}。$$

上述公式中:V 代表发育速率,T 代表试验温度,n 为处理温度的样本数,最后用求得的理论值 C 带入有效积温法则公式中求得温度的理论值 T'。发育起点温度的标准误差(S_C)和有效积温的标准误差(S_K)计算公式为:

$$S_c = \sqrt{\frac{\sum (T - Tr)^2}{n-2}\left(\frac{1}{n} + \frac{\bar{V}^2}{\sum (V - \bar{V})^2}\right)};$$

$$S_k = \sqrt{\frac{\sum (T - T')^2}{(n-2)\sum (V - \bar{V})^2}}。$$

1.5 数据分析

实验所得数据利用 Excel 软件进行平均数及标准误计算,并利用 SAS 软件中的方差分析(ANOVA)和 Duncan 氏多重比较进行统计分析。

2 结果

2.1 温度对白眉草螟幼虫发育历期及成活率的影响

在 13～29℃范围内,白眉野草螟卵、幼虫的发育历期随温度的升高而缩短,13℃发育历期最长,29℃发育历期最短,5 个温度梯度下白眉野草螟卵的发育历期分别为 30.6, 21.5, 14.9, 10.5 和 7.5 d,幼虫期的发育历期为 95.1, 7.7, 48.7, 27.4 和 25.2 d,不同温度下发育历期达到显著差异($P < 0.05$)。13～25℃幼虫存活率没有显著的差异,29℃存活率稍微下降(表 1)。33℃条件下,卵无法孵化,把 25℃孵化的初孵幼虫放入 33℃培养箱,幼虫存活率大幅降低,4－5 龄幼虫因不能正常蜕皮逐渐缩小变黑直至死亡,只有极少数个体能够发育至 6 龄进入滞育,因不能化蛹死亡。初步结果表明在 33℃以上,白眉野草螟无法完成幼虫期生长发育。

表 1 不同温度下白眉野草螟幼虫发育历期及成活率

Table 1 Developmental duration and the survival rate of *Agriphila aeneociliella* larvae at different temperatures

虫态 Developmental stage	发育历期 Developmental duration (d)				
	13℃	17℃	21℃	25℃	29℃
卵 Egg	30.64 ±0.93a	21.50 ±0.98 b	14.89 ±0.96 c	10.47 ±0.59 d	7.52 ±0.69 e
1 龄幼虫 1st instar larva	12.12 ±1.45 a	10.94 ±0.81 b	6.61 ±1.09 c	3.32 ±0.58 d	3.05 ±0.71 d
2 龄幼虫 2nd instar larva	13.17 ±1.42 a	10.61 ±0.97 b	8.33 ±1.28 c	3.47 ±0.69 d	3.11 ±0.74 d
3 龄幼虫 3rd instar larva	14.11 ±1.62 a	10.83 ±1.46 b	8.27 ±1.13 c	3.42 ±0.70 d	3.16 ±0.61 d
4 龄幼虫 4th instar larva	17.35 ±1.99 a	12.67 ±1.45 b	7.61 ±1.68 c	4.42 ±0.51 d	3.53 ±0.69 e
5 龄幼虫 5th instar larva	18.76 ±2.07 a	16.05 ±2.15 b	8.38 ±1.68 c	5.05 ±0.91 d	4.95 ±0.85 d
6 龄幼虫 6th instar larva	19.53 ±2.62 a	16.61 ±1.91 b	9.51 ±1.79 c	7.68 ±0.82 d	7.47 ±1.02 d
整个幼虫期 Whole larval stage	95.06 ±4.90 a	77.72 ±3.57 b	48.72 ±4.99 c	27.37 ±1.86 d	25.26 ±0.88 e
幼虫成活率(%) Larval survival rate	83.3	81.7	88.3	83.3	73.3

表中所列数据位平均数±标准误;同一行数据中具有不同小写字母的为 Duncan 氏多重比较差异显著($P < 0.05$)。Data are presented as mean ± *SE*, and those in the same line followed by different lowercase letters are significantly different by Duncan's multiple range test ($P < 0.05$).

2.2 白眉野草螟的发育起点温度和有效积温

卵和幼虫的发育起点温度分别为 9.85℃ 和 9.91℃，卵略低于幼虫。幼虫各龄期的发育起点温度存在差异，6 龄幼虫最低，为 8.12℃；2 龄幼虫最高，为 13.12℃。卵及幼虫的有效积温分别为 148.37日·度和477.95 日·度，幼虫高于卵。不同龄期的幼虫中，2 龄幼虫的有效积温最低，为 39.15 日·度，6 龄幼虫的最高，为 132.02 日·度。在 13～29℃范围内，白眉野草螟卵及幼虫的发育速率与温度之间有较高的直线相关性，决定系数 R 较高（表 2）。这说明所得有效积温模型在 13～29℃的范围内，能够较好地模拟白眉野草螟卵及幼虫发育历期和温度之间的关系。

2.3 食料对白眉野草螟幼虫生长发育的影响

在 25℃下白眉野草螟幼虫取食 3 种不同食物均能完成生长发育，整个幼虫期发育历期为取食小麦(27 d) < 取食玉米(29 d) < 取食人工饲料(41 d)，并存在显著差异（表 3）。1－3 龄幼虫取食小麦的发育历期显著短于取食玉米和取食人工饲料，4－6 龄幼虫取食小麦的发育历期与取食玉米的发育历期没有显著差异，但显著短于取食人工饲料的处理。白眉野草螟取食 3 种食物的存活率均在 80% 以上，没有明显差异($P \geq 0.05$)。

表 2 白眉野草螟的发育起点温度和有效积温

Table 2 Developmental threshold temperature and effective accumulated temperature of *Agriphila aeneociliella*

虫态 Developmental stage	发育起点温度(℃) Developmental threshold temperature	有效积温(日·度) Effective accumulated temperature (degree·days)	相关系数 R Correlation coefficient	发育速率与温度回归方程 Regression equation
卵 Egg	9.851	148.367	0.969	$V = -0.0664 + 0.0067T$
1 龄幼虫 1st instar larva	13.064	40.418	0.978	$V = -0.3232 + 0.0247T$
2 龄幼虫 2nd instar larva	13.724	39.146	0.952	$V = -0.3506 + 0.0255T$
3 龄幼虫 3rd instar larva	13.636	40.108	0.958	$V = -0.3399 + 0.0249T$
4 龄幼虫 4th instar larva	12.866	50.912	0.898	$V = -0.2527 + 0.0196T$
5 龄幼虫 5th instar larva	11.965	69.370	0.885	$V = -0.1724 + 0.0144T$
6 龄幼虫 6th instar larva	8.119	132.021	0.968	$V = -0.0615 + 0.0075T$
整个幼虫期 Whole larval stage	9.910	477.945	0.956	$V = -0.0207 + 0.0021T$

表 3 取食不同食料的白眉野草螟幼虫发育历期和存活率

Table 3 Developmental duration and the survival rates of *Agriphila aeneociliella* larvae fed on different food

食料 Food	发育历期 Developmental duration (d)							存活率(%) Survival rate
	1 龄幼虫 1st instar larva	2 龄幼虫 2nd instar larva	3 龄幼虫 3rd instar larva	4 龄幼虫 4th instar larva	5 龄幼虫 5th instar larva	6 龄幼虫 6th instar larva	整个幼虫期 Whole larval stage	
小麦 Wheat	3.32±0.58 a	3.47±0.69 a	3.42±0.70 a	4.42±0.51 a	5.05±0.91 a	7.68±0.82 a	27.37±1.86 a	85.0
玉米 Corn	3.79±0.63 b	4.37±0.76 b	4.16±0.69 b	4.52±0.70 a	5.11±0.74 a	7.21±0.78 a	29.16±1.50 b	83.3
人工饲料 Artificial diet	5.14±0.85 c	6.38±1.07 c	7.09±0.99 c	7.14±1.11 b	7.05±0.97 b	8.52±1.03 b	41.33±2.65 c	83.3

表中所列数据为平均值±标准误；同一列数据中具有不同小写字母的为 Duncan 氏多重比较差异显著($P < 0.05$)。Data are presented as mean ± *SE*, and those in the same column followed by different lowercase letters are significantly different by Duncan's multiple range test ($P < 0.05$).

3 讨论

白眉野草螟的生长发育受温度影响较大，在 13～29℃范围内，卵及幼虫的发育历期随温度的升高而缩短，呈线性回归关系。13℃卵的发育历期为 30 d，幼虫期可以达到 95 d，这与田间调查结果相吻合，成虫 9 月下旬羽化产卵，10 月中下旬麦田秋苗

发现幼虫危害，直到次年 3 月上旬小麦返青期，田间幼虫基本以 2 – 3 龄为主。4 月份幼虫发育速率最快，5 月上旬即发育至老熟幼虫。幼虫在 33℃温度下不能完成正常生长发育，田间调查也表明 5 月中下旬白眉野草螟以老熟幼虫做土茧进入夏滞育，躲避高温对其的不利影响（彭赫等，2013），这和其他具有夏滞育的昆虫生物学习性相似（刘柱东等，2002）。

发育起点温度和有效积温是昆虫的基本生物学特征，了解昆虫的发育起点温度和有效积温便于掌握其发生危害规律，预测发生代数，推断特定虫态的发育历期等（张孝羲，2002）。白眉野草螟卵和幼虫的发育起点温度分别为 9.851℃和 9.910℃，有效积温分别为 148.367 日・度和 477.945 日・度，且不同龄期幼虫的有效积温和发育起点温度也不相同，这和其他昆虫的研究结果相同（周昭旭等，2010；尚小丽等，2013）。在实际应用中，有效积温也有一些局限性，如不能计算具有滞育虫态害虫的发生期，对昆虫有效积温的测定多在恒温室内条件下进行，不能反映昆虫在田间小气候环境内的变温情况（李典谟和王莽莽，1986），而昆虫的发育速率通常在一定的变温条件下比恒温条件下快，温度适应范围更广（Mironidis *et al*.，2008；潘飞等，2014）。此外昆虫的发育不仅受温度单一因素影响，还受湿度、食料等其他环境因子影响（常晓娜等，2008）。本实验是在恒温条件下进行，其结果作为预测依据时应予考虑，由于白眉野草螟有夏滞育习性，无法利用积温法则来计算滞育虫态害虫的发生代数及发生期，本文只对白眉野草螟卵及幼虫的发育起点温度和有效积温进行了计算，未对蛹、成虫和整个世代的发育起点温度和有效积温进行计算，这些还有待进一步系统研究。

食物营养对昆虫的生长发育及繁殖产生很大影响，多项研究结果均表明相同环境条件，食物不同，昆虫的发育速率及生殖能力均表现出一定的差异（Thompson，1999）。山东莱州等地主要推行小麦-玉米轮作，因此选用当地主推农作物小麦和玉米并以旋幽夜蛾 *Scotogramma trifolii* 的人工饲料（张云慧等，2012）作为对照，对其他不同作物的选择性还需要进一步系统研究。本研究结果幼虫取食小麦发育最快，整个幼虫期约为 27 d，显著短于取食玉米（29 d）和人工饲料（41 d）。其中取食玉米与取食小麦的 4 – 6 龄幼虫发育历期无差异，死亡率相当，说明玉米也可以作为该幼虫高龄期替代寄主。目前研究证实白眉野草螟在山东莱州和山西晋城，一年发生 1 代，3 – 5 月为幼虫为害关键时期（曾娟等，2014），此阶段该虫可能对当地春玉米构成潜在威胁，应注意监控预防。人工饲料主要成分为玉米面、豆饼粉等，尽管白眉野草螟取食人工饲料后能完成生长发育，且发育状况良好，但发育速率较慢，在未有专门的人工饲料配方之前，小麦、玉米是室内饲养白眉野草螟幼虫的最佳食料。

参考文献（References）

Chang XN, Gao HJ, Chen FJ, Zhai BP, 2008. Effects of environmental moisture and precipitation on insects: a review. *Chinese Journal of Ecology*, 27(4): 619 – 625. [常晓娜, 高慧璟, 陈法军, 翟保平, 2008. 环境湿度和降雨对昆虫的影响. 生态学杂志, 27(4): 619 – 625]

Chen FQ, Wu CS, Zhang YH, Peng H, Dong BX, Yuan GH, 2014. The identification of a new wheat pest: *Agriphila aeneociliella*. *Plant Protection*, 40(5): 130 – 132. [陈付强, 武春生, 张云慧, 彭赫, 董保信, 原国辉, 2014. 小麦根茎新害虫: 白眉野草螟的鉴定. 植物保护, 40(5): 130 – 132]

Ding YQ, 1994. Mathematical Ecology of Insects. Science Press, Beijing. 318 – 332. [丁岩钦, 1994. 昆虫数学生态学. 北京: 科学出版社. 318 – 332]

Ji YC, Qin M, Wu LF, Chen XL, Zhang RZ, 2014. Potential distribution of two wheat pests, *Agriphila aeneociliella* and *A. vulgivagella*, in China. *Chinese Journal of Applied Entomology*, 51(1): 271 – 277. [季英超, 秦萌, 吴立峰, 陈小龙, 张润志, 2014. 二种危害小麦的草螟在中国的适生区. 应用昆虫学报, 51(1): 271 – 277]

Li DM, Wang MM, 1986. A study on fast estimation of developmental threshold temperature and effective accumulated temperature. *Entomological Knowledge*, 23(4): 184 – 187. [李典谟, 王莽莽, 1986. 快速估计发育起点及有效积温法的研究. 昆虫知识, 23(4): 184 – 187]

Liu ZD, Wu KJ, Gong PY, 2002. Summer diapause in insects. *Entomological Knowledge*, 39(3): 234 – 237. [刘柱东, 吴坤君, 龚佩瑜, 2002. 昆虫的夏滞育. 昆虫知识, 39(3): 234 – 237]

Mironidis GK, Savopoulou-Soultani M, 2008. Development, survivorship and reproduction of *Helicoverpa armigera* (Lepidoptera: Noctuidae) under constant and alternating temperatures. *Environmental Entomology*, 37(1): 16 – 28.

Pan F, Chen MC, Xiao TB, Ji XC, Xie SH, 2014. Research advances on effect of variable temperature on growth, development and reproduction of insect. *Journal of Environmental Entomology*, 36(2): 240 – 246. [潘飞, 陈绵才, 肖彤斌, 吉训聪, 谢圣华, 2014. 变温对昆虫生长发育和繁殖影响的研究进展. 环境昆虫学报, 36(2): 240 – 246]

Peng H, Zhang YH, Li XR, Zou MJ, Wang HY, Cheng DF, 2013. The toxicity and field efficacy of 5 insecticides to *Agriphila aeneociliella*. *Plant Protection*, 39(6): 184 – 187. [彭赫, 张云慧, 李祥瑞,

邹明江，王海英，程登发，2013. 5 种杀虫剂对白眉野草螟的毒力测定和田间防效. 植物保护，39(6)：184－187]

Ruan YM, Wu KJ, 2001. Performances of the cotton bollworm, *Helicoverpa armigera* on different food plants. *Acta Entomologica Sinica*, 44(2)：205－212.［阮永明，吴坤君，2001. 不同食料植物对棉铃虫生长发育和繁殖的影响. 昆虫学报，44(2)：205－212］

Shang XL, Yang MF, Zhang CR, Cai L, Feng YL, Qiu T, 2013. Effects of temperature on the growth and development of *Pyralis farinalis* (Lepidoptera: Pyralidae), one insect used for producing insect tea in China. *Acta Entomologica Sinica*, 56(6)：671－679.［尚小丽，杨茂发，张昌容，蔡兰，冯友丽，邱婷，2013. 温度对产虫茶昆虫紫斑谷螟生长发育的影响. 昆虫学报，56(6)：671－679］

Shi PJ, Ikemoto T, Ge F, 2011. Development and application of models for describing the effects of temperature on insects' growth and development. *Chinese Journal of Applied Entomology*, 48(5)：1149－1160.［时培建，池本孝哉，戈峰，2011. 温度与昆虫生长发育关系模型的发展与应用. 应用昆虫学报，48(5)：1149－1160］

Slamka F, 2008. Pyraloidea of Europe (Lepidoptera), Vol. 2. Crambinae & Schoenobiinae. Identification-Distibution-Habitat-Biologie. Bratislava. 223 pp.

Thompson SN, 1999. Nutrition and culture of entomophagous insects. *Annual Review of Entomology*, 44(1)：561－592.

Wang HY, Gu Y, Zou MJ, Yang SG, Guo LP, Yuan GH, 2013. Preliminary report on the occurrence and damage of a new wheat pest (*Crambus* sp.) in Laizhou, Shandong province. *China Plant Protection*, 33(3)：28－30.［王海英，顾耘，邹明江，杨寿光，郭丽萍，原国辉，2013. 小麦新害虫——麦根茎草螟在山东莱州的发生为害初报. 中国植保导刊，33(3)：28－30］

Zeng J, Jiang YY, Wang HY, Yuan GH, Dong BX, Qin YX, 2014. The biological characteristics of *Agriphila aeneociliella* and methods for monitoring and managing this pest. *Chinese Journal of Applied Entomology*, 51(3)：814－818.［曾娟，姜玉英，王海英，原国辉，董保信，秦引雪，2014. 白眉野草螟的生物学特性和监测防控对策. 应用昆虫学报，51(3)：814－818］

Zhang XX, 2002. Insect Ecology and Forecasting. China Agriculture Press, Beijing. 218－220.［张孝羲，2002. 昆虫生态及预测预报. 北京：中国农业出版社. 218－220］

Zhang YH, Zhang Z, Cheng DF, Zhang FM, Peng H, 2012. A method and techniques of artificial feed for *Scotogramma trifolii*. China Patent No.：ZL201210067255.0.［张云慧，张智，程登发，张方梅，彭赫，2012. 一种旋幽夜蛾的人工饲料其制备方法与饲养技术. 中国专利号：ZL201210067255.0］

Zhou ZX, Luo JC, Lü HP, Guo WC, 2010. Influence of temperature on development and reproduction of experimental populations of the Colorado potato beetle, *Leptinotarsa decem lineata* (Say) (Coleoptera: Chrysomelidae). *Acta Entomologica Sinica*, 53(8)：926－931.［周昭旭，罗进仓，吕和平，郭文超，2010. 温度对马铃薯甲虫生长发育的影响. 昆虫学报，53(8)：926－931］

（责任编辑：袁德成）